

Streszczenie pracy doktorskiej

Poprawki od oddziaływań silnych do słabego radiacyjnego rozpadu mezonu B w rzędzie $\mathcal{O}(\alpha_s^2)$ z dokładną zależnością od masy kwarku c

Abdur Rehman

Instytut Fizyki Teoretycznej, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

Lipiec 2015

Proces $\bar{B} \rightarrow X_s \gamma$ dostarcza ważnych ograniczeń na rozszerzenia Modelu Standardowego (MS). Zgodnie z aktualnym przewidywaniem MS jego stosunek rozgałęzienia uśredniony względem CP oraz izospinu wynosi $\mathcal{B}(\bar{B} \rightarrow X_s \gamma)^{\text{MS}} = (3.36 \pm 0.23) \cdot 10^{-4}$. Przewidywanie to zgadza się bardzo dobrze z obecną średnią światową wyników eksperymentalnych $\mathcal{B}(\bar{B} \rightarrow X_s \gamma)^{\text{exp}} = (3.43 \pm 0.22) \cdot 10^{-4}$. Oczekujemy, że dokładność pomiarów znacznie się poprawi, gdy eksperyment Belle-II rozpocznie zbieranie danych w najbliższych kilku latach. Obliczenia teoretyczne muszą zatem również zostać udoskonalone, aby ich dokładność nie była mniejsza od dokładności doświadczalnej.

Istotny wkład do obecnej niepewności teoretycznej związany jest z faktem, że niektóre z poprawek od oddziaływań silnych rzędu $\mathcal{O}(\alpha_s^2)$ (oznaczane przez $K_{17}^{(2)}$ i $K_{27}^{(2)}$) nie zostały jeszcze wyznaczone dla dowolnej wartości stosunku mas kwarków powabnego i pięknego m_c/m_b . Zamiast tego, znane wartości tych poprawek w przypadkach $m_c = 0$ i $m_c \gg m_b/2$ stanowią podstawę ich interpolacji w m_c , co wprowadza niepewność szacowaną na około $\pm 3\%$ w stosunku rozgałęzienia $\mathcal{B}(\bar{B} \rightarrow X_s \gamma)^{\text{MS}}$.

Jedyną metodą usunięcia tej niepewności jest wyznaczenie dokładnej zależności poprawek $K_{17}^{(2)}$ i $K_{27}^{(2)}$ od masy kwarku c . W języku diagramów Feynmana z tzw. cięciami unitarnymi oznacza to konieczność obliczenia czteropętlowych diagramów z dwiema skalami masowymi (m_c i m_b). Powiązane z nimi przeciwczołony ultrafioletowe dane są przez trzypętłowe diagramy z dwiema skalami, które należy obliczyć do rzędu $\mathcal{O}(\varepsilon)$ w parametrze regularyzacji wymiarowej ε .

W niniejszej pracy doktorskiej wyznaczona jest [1] dokładna zależność od masy kwarku c wszystkich niezbędnych diagramów z przeciwczołonami ultrafioletowymi, które dają wkład do nieznanych jeszcze części poprawek $K_{17}^{(2)}$ i $K_{27}^{(2)}$. Poprawki te pochodzą od interferencji operatorów czterokwarkowych oraz elektromagnetycznego operatora dipolowego. Odpowiadają one obecnie za największą niepewność przy obliczaniu perturbacyjnego wkładu do $\mathcal{B}(\bar{B} \rightarrow X_s \gamma)^{\text{MS}}$.

Oprócz rachunków dla dowolnej wartości m_c wyznaczamy również wiele z niezbędnych wkładów przeciwczołonowych przy $m_c = 0$, i przedstawiamy je do wszystkich rzędów w ε , gdziekolwiek tylko jest to możliwe. Nasze rezultaty

dały wkład do obliczenia warunku brzegowego przy $m_c = 0$ dla interpolacji, i w ten sposób do niedawno opublikowanej analizy fenomenologicznej rozpadu $\mathcal{B}(\bar{B} \rightarrow X_s \gamma)^{\text{MS}}$ [2].

Rozprawa zawiera opis wielu aspektów technicznych omawianych rachunków, które nie były przedstawiane w innych publikacjach, w szczególności jawne wyrażenia na wszystkie istotne wielkości poprzez tzw. całki podstawowe, a także wyniki na te całki uzyskane wieloma metodami, m.in. przy pomocy równań różniczkowych oraz algorytmu opartego na twierdzeniach Mellina i Barnes'a.

[1] M. Misiak, A. Rehman i M. Steinhauser, w przygotowaniu do publikacji.

[2] M. Misiak, H. Asatrian, R. Boughezal, M. Czakon, T. Ewerth, A. Ferroglia, P. Fiedler, P. Gambino, C. Greub, U. Haisch, T. Huber, M. Kamiński, G. Ossola, M. Poradziński, A. Rehman, T. Schutzmeier, M. Steinhauser i J. Virto, *Updated NNLO QCD predictions for the weak radiative B-meson decays*, Phys. Rev. Lett. **114** (2015) 22, 221801 [arXiv:1503.01789].